

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record.

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
  - TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
  - FADED TEXT
  - ILLEGIBLE TEXT
  - SKEWED/SLANTED IMAGES
  - COLORED PHOTOS
  - BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
  - GRAY SCALE DOCUMENTS
- 

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

P032543 / DE 11

**Non-trackbound vehicle with an electrodynamic converter and a throttle**

Patent  
Number: ☐ US5533583

Publication  
date: 1996-07-09

Inventor(s): SCHMIDT-BRUECKEN HANS-JOACHIM (DE); WESTENDORF HOLGER (DE);  
ADLER UWE (DE); LUTZ DIETER (DE); OCHS MARTIN (DE); NAGLER FRANZ (DE);  
WAGNER MICHAEL (DE); DREXL HANS-JUERGEN (DE); SCHIEBOLD STEFAN  
(DE); THIELER WOLFGANG (DE); WYCHNANEK RAINER (DE)

Applicant(s): MANNESMANN AG (DE)

Requested  
Patent: ☐ DE4133014

Application  
Number: US19940211141 19940622

Priority  
Number(s): DE19914133014 19911004; WO1992DE00834 19920930

IPC  
Classification: B60K1/04

EC  
Classification: B60K41/00D2, B60L11/16, B60L15/20E, F02D11/10B, F02D31/00B4

Equivalents: ☐ BR9206574, CN1074867, ☐ EP0606339 (WO9307020), B1, ES2079891T,  
JP3164821B2, JP6511135T, MX9205693, ☐ WO9307020

**Abstract**

PCT No. PCT/DE92/00834 Sec. 371 Date Jun. 22, 1994 Sec. 102(e) Date Jun. 22, 1994 PCT Filed Sep. 30, 1992 PCT Pub. No. WO93/07020 PCT Pub. Date Apr. 15, 1993. A passenger automobile or truck contains a unit which is formed by an internal combustion engine and a generator and which powers electric motors coupled with driving wheels of the vehicle via an energy distributor in the form of power electronics. An accumulator which can likewise be coupled with the electric motors via the energy distributor is provided as an additional power source. An electronic control unit receives driving signals from an accelerator pedal, in particular a position signal and a speed signal. The position signal of the throttle is interpreted as a request for a determined permanent output to be supplied by the internal combustion engine. The internal combustion engine is revved up to a new operating point in an "optimal" manner (e.g. with favorable fuel consumption), for example when a higher output is requested, while the generator is entirely or partially uncoupled from the load. Energy for accelerating the vehicle is provided in the meantime by the accumulator. The speed signal determines the amount of acceleration. By means of a selector switch, an operation powered exclusively by stored energy may be switched on when the internal combustion engine is turned off if no special sensors are provided for this purpose.

Data supplied from the esp@cenet database - I2





DEUTSCHES  
PATENTAMT

(12) **Offenlegungsschrift**  
 (10) **DE 41 33 014 A 1**

P032543 / DE17.

⑤ Int. Cl.<sup>5</sup>:

**B 60 K 41/28**

B 60 K 6/04

F 02 D 29/06

F 02 D 41/10

F 02 D 45/00

**B 60 L 11/00**

B 60 L 15/00

② Aktenzeichen: P 41.33 014.5

② Anmeldetag: 4. 10. 91

④③ Offenlegungstag: 8. 4. 93

⑦① Anmelder:

**Mannesmann AG, 4000 Düsseldorf, DE**

⑦④ Vertreter:

Klunker, H., Dipl.-Ing. Dr.rer.nat.; Schmitt-Nilson, G.,  
Dipl.-Ing. Dr.-Ing.; Hirsch, P., Dipl.-Ing.,  
Pat.-Anwälte, 8000 München

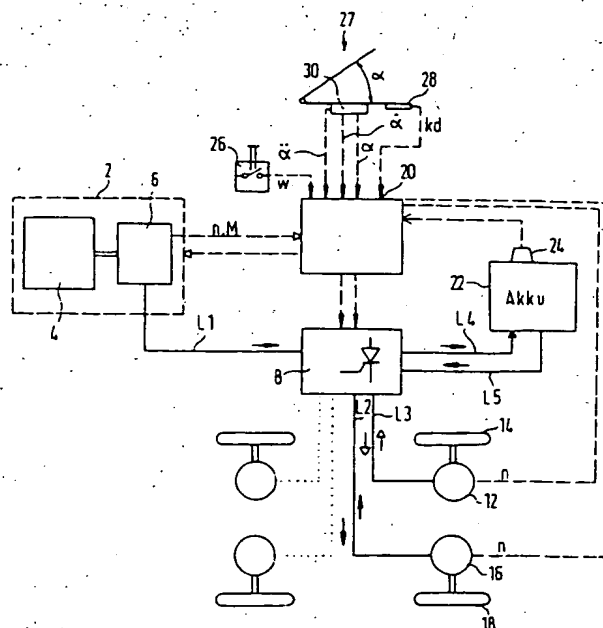
⑦2 Erfinder:

Adler, Uwe, Dipl.-Ing., 8720 Schweinfurt, DE; Drexl,  
Hans-Jürgen, Dr.-Ing., 8724 Schonungen, DE; Lutz,  
Dieter, Dr.-Ing., 8720 Schweinfurt, DE; Nagler, Franz,  
Dipl.-Ing., 8729 Ottendorf, DE; Ochs, Martin,  
Dr.-Ing., Schiebold, Stefan, Dr.-Ing., 8720  
Schweinfurt, DE; Schmidt-Brücken, Hans-Joachim,  
Dipl.-Phys., 8721 Geldersheim, DE; Thieler,  
Wolfgang, Dipl.-Ing., 8728 Haßfurt, DE; Wagner,  
Michael, Dr.-Ing., 8721 Niederwerrn, DE;  
Westendorf, Holger, Dr.-Ing., 8721 Hambach, DE;  
Wychnanek, Rainer, Dipl.-Wirtsch.-Ing., 8721  
Madenhausen, DE

**Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt**

**⑤4 Nicht-spurgebundenen Fahrzeug mit elektrodynamischem Wandler und Fahrhebel**

57) Ein Personen- oder Lastkraftwagen enthält eine aus einem Verbrennungsmotor (4) und einem Generator (6) bestehende Einheit, die über einen Leistungselektronik-Energieverteiler (8) mit Antriebsrädern (14, 18) des Fahrzeugs gekoppelte Elektromotoren (12, 16) speist. Als zusätzliche Energiequelle ist ein Akkumulator (22) vorgesehen, die ebenfalls über dem Energieverteiler (8) an die Elektromotoren (12, 16) koppelbar ist. Eine elektronische Steuereinheit (20) empfängt von einem Fahrpedal (27) Fahrsignale, insbesondere ein Stellungssignal und ein Geschwindigkeitssignal ( $\alpha$ ,  $\dot{\alpha}$ ). Das Stellungssignal ( $\alpha$ ) des Fahrhebels (27) wird als Anforderung einer bestimmten Dauerleistung interpretiert, die von dem Verbrennungsmotor (4) zu erbringen ist. Dieser wird beispielsweise bei einer angeforderten höheren Leistung bei ganz oder teilweise von der Last abgekoppeltem Generator (6) "optimal" (z. B. verbrauchsgünstig) zu einem neuen Betriebspunkt hochgefahren. In der Zwischenzeit erfolgt die Bereitstellung der Energie für die Fahrzeugbeschleunigung seitens des Akkumulators (22). Das Geschwindigkeitssignal ( $\dot{\alpha}$ ) legt das Maß der Beschleunigung fest. Mittels Wählschalter kann auf reinen Speicherbetrieb bei abgeschaltetem Verbrennungsmotor umgeschaltet werden, wenn hierzu keine speziellen Sensoren vorgesehen sind.



**DE 41 33 014 A1**

**DE 41 33 014 A1**

Die Erfindung betrifft ein nicht-spurgebundenes Fahrzeug, bei dem mindestens ein Rad für den Antrieb mit einem Elektromotor gekoppelt ist, welcher über einen Energieverteiler nach Maßgabe von seitens einer Steuereinheit erzeugten Steuersignalen mit Strom gespeist wird, der von einem an einen Verbrennungsmotor gekoppelten Generator geliefert wird, wobei die Steuereinheit von einem Fahrhebel ein Fahrsignal erhält, welches mindestens repräsentativ ist für die Fahrhebelstellung.

Nicht-spurgebundene Fahrzeuge sind insbesondere Personen- und Lastkraftwagen. Bislang werden diese Fahrzeuge üblicherweise mit Verbrennungsmotoren betrieben. Verbrennungsmotoren besitzen eine charakteristische Drehmoment-/Drehzahl-Kennlinie, die bei einem bestimmten Drehzahlbereich ein mehr oder weniger stark ausgeprägtes Drehmoment-Maximum besitzt, an welches bei höheren und insbesondere bei niedrigeren Drehzahlen Bereiche mit stark verringertem Drehmoment anschließen.

Die Leistung eines Motors errechnet sich als Produkt aus Drehmoment und Drehzahl. Um ein Fahrzeug möglichst rasch zu beschleunigen, muß die maximal verfügbare Leistung auf die Antriebsräder übertragen werden. Arbeitet der Motor des Fahrzeugs in einem niedrigen Drehzahlbereich, so kann auch bei maximal geöffneter Drosselklappe nur eine relativ langsame Beschleunigung stattfinden, weil zu wenig Leistung verfügbar ist. Durch Schalten in einen niedrigeren Gang kann die Leistung zum Beschleunigen erhöht werden, da in einem niedrigeren Gang eine höhere Drehzahl und mithin ein höheres Leistungsangebot vorhanden ist. Praktisch sämtliche Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor sind mit einem Schalt- oder Automatikgetriebe ausgestattet, um die verfügbare Leistung des Motors ausnutzen zu können.

Bei elektrischen Antrieben, die vornehmlich bei spurgebundenen Fahrzeugen eingesetzt werden, beispielsweise bei Loks, ergibt sich der Vorteil, daß die Abhängigkeit der Leistung von der Drehzahl wesentlich schwächer ausgeprägt ist als bei Verbrennungsmotoren. Deshalb kann bei elektrischen Antrieben ein Getriebe in aller Regel entfallen.

Es ist nun daran gedacht worden, auch nicht-spurgebundene Fahrzeuge, also insbesondere Personenkraftwagen, Lastkraftwagen und Busse, mittels eines oder mehrerer Elektromotoren anzutreiben, die direkt an die Räder gekoppelt sind. Gespeist werden die Elektromotoren von einer Verbrennungsmotor-Generator-Einheit über einen als Leistungselektronik ausgebildeten Energieverteiler. Ein derartiger Hybridmotor hat eine Reihe von Vorteilen. Neben dem Wegfall eines Schaltgetriebes oder Automatikgetriebes bietet sich beim Antrieb der Räder durch Elektromotoren auch die Möglichkeit, die Elektromotoren bei schiebendem Motor oder beim Bremsvorgang als Generatoren zu betreiben, um die dann entstehende elektrische Leistung z. B. für Heizzwecke oder dergleichen zu nutzen.

Es ist auch bereits vorgeschlagen worden, bei einem Fahrzeug einen Verbrennungsmotor mit einem als Schwungrad ausgebildeten Energiespeicher zu koppeln. Man kann dann nämlich den Verbrennungsmotor stets in einem optimalen Betriebszustand betreiben, z. B. in einem Bereich des günstigsten spezifischen Kraftstoffverbrauchs. Der mit dem Verbrennungsmotor gekoppelte Generator liefert elektrische Energie an die An-

triebs-Elektromotoren. Beim Beschleunigen des Fahrzeugs wird zusätzliche Energie aus dem Schwungrad entnommen. Beim Bremsvorgang wird von den dann als Generatoren arbeitenden Elektromotoren Energie gewonnen, die in dem Schwungrad als mechanische Energie gespeichert werden kann.

Die bisher gemachten Vorschläge, in einem Fahrzeug einen Verbrennungsmotor mit einem Generator und dazugehörigen Antriebs-Elektromotoren vorzusehen, sind jedoch nur zum Teil in der Praxis realisiert worden.

Im Hinblick auf Energieersparnis, Umweltschutz und weitere Erfordernisse ist das oben angesprochene Konzept eines Fahrzeugs mit elektrodynamischem Wandler vielversprechend. Problematisch ist beim Einsatz solcher Fahrzeuge möglicherweise die Umstellung der Fahrer von dem gewohnten Fahrzeug mit Verbrennungsmotor auf ein Fahrzeug mit quasielektrischem Antrieb. Da der Antrieb letztlich mit Elektromotoren erfolgt, verhält sich das Fahrzeug nämlich sehr ähnlich einem Fahrzeug mit reinem elektrischen Antrieb.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein nicht-spurgebundenes Fahrzeug der eingangs genannten Art anzugeben, bei dem der durch Bewegungen eines Fahrhebels, insbesondere Fahrpedals, geäußerte Fahrerwunsch richtig interpretiert wird und Maßnahmen getroffen werden, um den Fahrerwunsch umzusetzen in eine Leistungsbereitstellung, die ein dem Fahrerwunsch entsprechendes Fahrverhalten des Fahrzeuges gestattet.

Gelöst wird diese Aufgabe erfindungsgemäß dadurch, daß ein Energiespeicher vorgesehen ist, der über den Energieverteiler elektrisch mit dem Elektromotor und mit dem Generator verbunden ist, daß die Steuereinheit das Fahrsignal zu einem Steuersignal für den Verbrennungsmotor verarbeitet, um den Verbrennungsmotor auf die der Fahrhebelstellung entsprechende Leistung zu bringen oder auf dieser Leistung zu halten, und daß die Steuereinheit ferner ein Steuersignal für die Entnahme von Energie aus dem Energiespeicher erzeugt, um zumindest

- a) den Verbrennungsmotor optimal in einen neuen Betriebspunkt beschleunigen zu lassen; und/oder
- b) das Fahrzeug maximal zu beschleunigen und/oder
- c) die Höchstgeschwindigkeit des Fahrzeuges bei voller Verbrennungsmotorleistung noch zu erhöhen.

Die Erfindung schlägt mithin vor, dem Fahrsignal, also insbesondere der jeweiligen Winkelstellung des Fahrhebels (Fahrpedals) eine bestimmte Antriebsleistung zuzuordnen, die grundsätzlich von dem Verbrennungsmotor zu erbringen ist. Mit dem Betätigen des Fahrpedals stellt der Fahrer eine gewisse Leistungsanforderung. Die Kennlinie zwischen angeforderter Leistung und Stellung des Fahrpedals ist vorzugsweise nicht-linear und verläuft im Anfangsbereich relativ flach, um bei langsamer Fahrt eine leichte Dosierung der Leistung zu ermöglichen.

Man sollte die durch die Stellung des Fahrpedals gewählte Leistung als Dauerleistung betrachten, die grundsätzlich von dem Verbrennungsmotor bereitzustellen ist. Der erfindungsgemäße Energiespeicher ist in Verbindung mit der Steuereinheit zu dem Zweck vorgesehen, den Übergang zwischen einer gegebenen Fahrgeschwindigkeit und einer neuen Fahrgeschwindigkeit zu ermöglichen. Wenn das Fahrzeug bei einer gegebenen Anfangsgeschwindigkeit  $v_a$  fährt, wird von den An-

triebsquellen, also der Verbrennungsmotor-Generator-Einheit und dem Energiespeicher, eine hier als Anfangsleistung bezeichnete Leistung  $P_a$  geliefert, die bei konstanter Geschwindigkeit, im Gleichgewicht steht mit den auf das Fahrzeug einwirkenden Widerständen, insbesondere Luftwiderstand, Rollwiderstand der Reifen und dergleichen. Wird in diesem stationären Zustand des Fahrzeugs das Fahrpedal weiter durchgedrückt, so bedeutet dies eine erhöhte Leistungsanforderung. Bei Bereitstellung dieser erhöhten Leistung wird das Fahrzeug beschleunigt, solange, bis sich eine Endgeschwindigkeit  $v_e$  einstellt, bei der die erhöhte Leistung  $P_e$  im Gleichgewicht steht mit den auf das Fahrzeug einwirkenden Widerständen.

Erfindungsgemäß wird nun der Energiespeicher von der Steuereinheit in sehr spezieller Weise dazu eingesetzt, den Übergang von einer im stationären Fahrbetrieb erbrachten Ausgangsleistung  $P_a$  zu einer neuen Leistung  $P_e$  zu organisieren.

Gemäß der ersten Variante der Erfindung wird der Verbrennungsmotor "optimal" in einen neuen Betriebspunkt beschleunigt. Ein Verbrennungsmotor besitzt ein Kennlinienfeld, insbesondere läßt sich im Drehzahl/Drehmoment-Kennlinienfeld eine Linie eines günstigsten spezifischen Kraftstoffverbrauchs angeben. Wenn man nun davon ausgeht, daß der Verbrennungsmotor bei einer relativ niedrigen Drehzahl läuft und eine erhöhte Leistungsanforderung seitens des Fahrers gestellt wird, indem der Fahrer das Fahrpedal weiter durchdrückt, so muß — da hier die neu vorgewählte Leistung als Dauerleistung interpretiert wird, die von dem Verbrennungsmotor aufzubringen ist — der Motor auf eine höhere Drehzahl gebracht werden. Bei vergrößerter Drosselklappenöffnung und ansonsten unveränderter Belastung des Motors erhöht sich die Drehzahl bekanntlich nur sehr langsam, abhängig von der Last am Motor. Die Erfindung schafft die Möglichkeit, die Erhöhung der Drehzahl von einem Betriebspunkt, der auf der oben erwähnten Linie des günstigsten spezifischen Kraftstoffverbrauchs liegt, zu einem ebenfalls auf dieser Linie liegenden zweiten Betriebspunkt derart vorzunehmen, daß sehr wenig Kraftstoff verbraucht wird. Hierzu erfolgt eine kontinuierliche oder schrittweise Erhöhung der Drehzahl bei entsprechender Einstellung des Drehmoments bzw. der Leistung. Hierzu kann der Generator elektrisch ganz oder teilweise von dem Elektromotor entkoppelt werden, so daß der Generator praktisch vollständig oder teilweise im Leerlauf arbeitet. Damit läßt sich die Drehzahl des Verbrennungsmotors bei verringerter Last des Generators ziemlich schnell erhöhen, und zwar ist eine Erhöhung in der Nähe der erwähnten Linie des günstigsten spezifischen Kraftstoffverbrauchs möglich.

Alternativ kann man auch den Verbrennungsmotor bei leerlaufendem Generator rasch auf den gewünschten Drehzahlwert hochfahren, um dann allmählich den Generator wieder mit dem Elektromotor zu koppeln, und zwar so langsam, daß die Drehzahl nicht wieder absinkt. In der Zwischenzeit erfolgt der Antrieb des Elektromotors mit Speisung aus dem Energiespeicher. Damit ergibt sich ein ruckfreier Übergang zwischen Speisung aus Verbrennungsmotor/Generator und Speisung aus Energiespeicher.

Neben einer "optimalen" Beschleunigung des Verbrennungsmotors kann die Steuerung der Energieentnahme aus dem Energiespeicher auch so erfolgen, daß das Fahrzeug maximal beschleunigt wird. Hierbei muß darauf geachtet werden, daß die Beschleunigung abge-

stimmt ist auf die im Energiespeicher insgesamt gespeicherter Ladungsmenge, damit sich der Speicher nicht während des Beschleunigungsvorgangs erschöpft, was zu gefährlichen Situationen im Verkehr führen könnte.

Eine gewisse Ähnlichkeit mit der maximalen Beschleunigung des Fahrzeugs hat die Maßnahme, die Höchstgeschwindigkeit des Fahrzeugs, die an sich durch die maximale Leistung des Verbrennungsmotors gegeben ist, noch weiter zu erhöhen, indem bei maximaler Verbrennungsmotor-Leistung noch zusätzliche Leistung aus dem Energiespeicher entnommen und auf den Elektromotor gegeben wird.

Um gefährliche Situationen zu vermeiden, sind Warnrichtungen vorgesehen, die den Fahrer informieren, wenn die in dem Energiespeicher vorhandene Energie bis auf einen Restbetrag abgesunken ist.

Die oben angesprochenen Maßnahmen, um den Energiespeicher in gewissen Situationen optimal auszunutzen, stehen in Zusammenhang mit speziellen Fahrsignalen, die weiter unten noch näher erläutert werden. Unabhängig von diesen Fahrsignalen kann erfindungsgemäß Energie aus dem Energiespeicher in den Elektromotor eingespeist werden, um zur etwa geschwindigkeitskonstanten Überwindung von Steigungen bei unveränderter Verbrennungsmotor-Drehzahl Zusatzenergie zur Verfügung zu stellen und/oder in stationären Betriebszuständen einen Teil der Verbrennungsmotor-Leistung durch Speicherenergieentnahme zu ersetzen, und/oder einen Fahrbetrieb bei abgeschaltetem Verbrennungsmotor zu ermöglichen. Insbesondere die letztgenannte Variante ist für den Stadtverkehr und für den sogenannten "Stop and Go"-Verkehr bei Staus interessant, da bei relativ geringem Kraftstoffverbrauch ein Höchstmaß an Schadstoffvermeidung erzielbar ist. Vorzugsweise ist am Fahrzeug ein Wählschalter vorgesehen, bei dessen Betätigung der Verbrennungsmotor abgeschaltet wird, vorausgesetzt, es ist in dem Energiespeicher genügend Energie für den reinen Speicherbetrieb vorhanden.

Der erfindungsgemäße Energiespeicher kann grundsätzlich auch ein mechanischer Speicher, z. B. ein Schwungrad, sein, bevorzugt wird hier jedoch ein Akkumulator zum Speichern elektrischer Energie.

Die oben näher erläuterten Vorgaben, wie beispielsweise möglichst schnelle Beschleunigung des Verbrennungsmotors, geringer Kraftstoffverbrauch, geringe Schadstoffemission und dergleichen, können gleichzeitig berücksichtigt werden, wobei zweckmäßigerweise eine Gewichtung der einzelnen Parameter erfolgt.

Wie oben angedeutet, sieht die Erfindung vor, daß zur optimalen Beschleunigung des Verbrennungsmotors der Generator elektrisch ganz oder teilweise von dem Elektromotor entkoppelt wird und der Verbrennungsmotor bei Erreichen des neuen Betriebspunkts zusammen mit dem Generator allmählich wieder an den Elektromotor gekoppelt wird, und daß während der Entkopplungsphase Energie derart aus dem Energiespeicher in den Elektromotor eingespeist wird, daß die Übergänge beim Koppeln ruckfrei erfolgen.

Wie eingangs erwähnt, spielt das Fahrsignal bei der Art des Einsatzes des Energiespeichers durch die Steuerung eine besondere Rolle. Im einfachsten Fall gibt ein am Fahrhebel, d. h. insbesondere ein am Fahrpedal befindlicher Stellungssensor, an die Steuereinheit ein Stellungssignal  $\alpha$ . Aus dem zeitlichen Verlauf dieses Stellungssignals  $\alpha$  kann dann die Steuerung durch Differenzieren ein Geschwindigkeitssignal  $\alpha$  und ein Beschleunigungssignal  $\alpha$  für die Fahrpedalbewegung ermitteln.

Das Geschwindigkeits- und das Beschleunigungssignal für das Fahrpedal können auch direkt von entsprechenden Sensoren am Fahrpedal geliefert werden.

Zusätzlich zu den oben erwähnten Fahrsignalen, die von der Betätigung des Fahrpedals abhängen, sind erfindungsgemäß noch ein Geber für eine Maximalbeschleunigungs-Anforderung (Kickdown) und gegebenenfalls noch ein Wahlschalter für den intermittierenden Betrieb (Stadtverkehr) vorhanden.

Der Energiespeicher ist mit einem Ladezustands-Sensor ausgestattet, der an die Speichereinheit ein Signal gibt, welches kennzeichnend ist für die in dem Energiespeicher noch enthaltene Energie. Aus diesen Werten sowie aus weiteren vorab gespeicherten Werten kann die Steuereinheit ermitteln, wieviel Energie pro Zeiteinheit (Leistung) dem Energiespeicher entnommen werden darf, damit die Beschleunigung zu der gewünschten neuen Fahrzeug-Endgeschwindigkeit führt, ohne daß sich beim Beschleunigungsvorgang der Energiespeicher erschöpft und aufgrund der dann nachlassenden Beschleunigung gefährliche Situationen entstehen können.

Eine Zuschaltung von zusätzlicher Leistung aus dem Energiespeicher gestattet — bei maximaler Verbrennungsmotor-Leistung — eine weitere Erhöhung der Höchstgeschwindigkeit, wie sie durch die maximale Leistung des Verbrennungsmotors gegeben ist. Um diesen zusätzlichen Schub durch zusätzliche Leistung aus dem Energiespeicher zu erhalten, ist erfindungsgemäß der letzte Bereich des Fahrhebel-Weges vorgesehen. Nur wenn das Fahrpedal vollständig durchgedrückt wird, werden Verbrennungsmotor und Energiespeicher beide zum Fahrzeugantrieb eingesetzt.

Wie aus den obigen Erläuterungen hervorgeht, erfolgt eine Energieentnahme aus dem Speicher einerseits ohne bewußtes Zutun des Fahrers lediglich durch entsprechenden Betrieb der Steuereinrichtung, die außer dem Fahrsignal noch Zustandssignale von dem Verbrennungsmotor, dem Generator, dem Speicher und dem Antriebs-Elektromotor enthält, so daß an der Steuereinheit permanent Signale über Drehzahl und Drehmoment des Verbrennungsmotors bzw. des Generators, über den Ladezustand des Speichers und über die Drehzahlen der Elektromotoren anstehen. Andererseits kann der Fahrer aber auch aktiv für eine Energieentnahme aus dem Speicher sorgen, indem er z. B. mit Hilfe des oben erwähnten Wahlschalters im Stadtverkehr einen Antrieb auch bei stillstehendem Verbrennungsmotor wählt.

Vorteilhaft kann die Erfindung auch bei einem Fahrzeug angewendet werden, welches mit einer Einrichtung zur automatischen Geschwindigkeitsregelung ausgestattet ist. Jede Abweichung der Ist-Fahrzeuggeschwindigkeit von der eingestellten Soll-Fahrzeuggeschwindigkeit um mehr als einen vorbestimmten Wert kann Speicherenergie zur Konstanthaltung der Geschwindigkeit genutzt werden.

Die oben erwähnte Möglichkeit, im Stadtverkehr mittels Wahlschalter auf quasi rein elektrischen Fahrzeugbetrieb umzuschalten, kann auch mit einer durch die Steuereinheit durchgeführten Lernfunktion verknüpft sein. Innerhalb eines bestimmten Zeitfensters zählt die Steuereinheit dann die Häufigkeit von Brems- und Beschleunigungsvorgängen. Übersteigt die mittlere Häufigkeit einen Schwellenwert, so wird automatisch auf "Stadtfahrt" umgeschaltet, d. h. auf einen quasi rein elektrischen Antrieb, wobei der Speicher abhängig von seinem Ladezustand nur hin und wieder durch Einschalten des Verbrennungsmotors aufgeladen wird.

Die naturgemäß begrenzte Kapazität des Energiespeichers birgt eine gewisse Problematik in sich. Soll das Fahrzeug bei Überholvorgängen sehr stark beschleunigt werden, und wird dazu Energie aus dem Energiespeicher abgezogen, so muß gewährleistet sein, daß die Speicherenergie für den gesamten Überholvorgang ausreicht. Der Energiebedarf für einen Überholvorgang hängt ab von der geforderten Beschleunigung des Fahrzeugs, der Masse des Fahrzeugs, dem Straßenverlauf (Steigung) und weiteren Einflußgrößen. Selbstverständlich gibt es gewisse Leistungsgrenzen, die der Fahrer — wie bei üblichen Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren auch — berücksichtigen muß, um nicht ein hinsichtlich der Fahrzeugleistung unmögliches Überholmanöver zu beginnen.

Es kann nun allerdings bei den hier in Rede stehenden Fahrzeugen vorkommen, daß der Energiespeicher durch eine gerade erfolgte starke Energieabnahme ziemlich stark entladen ist. In diesem Fall ist eine maximale Beschleunigung des Fahrzeugs für einen Überholvorgang unter Umständen nicht möglich. Deshalb sieht die Erfindung eine Signalisier Vorrichtung für den Ladezustand des Energiespeichers vor. Diese Signalisier Vorrichtung kann optisch oder akustisch ausgebildet sein, vorzugsweise ist sie jedoch taktil ausgebildet, insbesondere als Widerstand im Fahrpedal realisiert. Bei einem unzureichenden Ladezustand des Energiespeichers spürt der Fahrer beim Betätigen des Gaspedals einen ungewöhnlich hohen Widerstand. Dies signalisiert ihm, daß nicht genügend Speicherenergie für maximale Fahrzeugbeschleunigung vorhanden ist. Zusätzlich kann der Fahrer durch ein optisches oder akustisches Signal alarmiert werden, dessen Intensität vom Entladungszustand des Energiespeichers abhängt.

Im folgenden wird ein Ausführungsbeispiel der Erfindung anhand der Zeichnung näher erläutert. Es zeigt

Fig. 1 eine schematische Ansicht wesentlicher Elemente eines mit einem elektrodynamischen Wandler und einem Akkumulator als Energiespeicher ausgestatteten Personenkraftwagens,

Fig. 2 ein Kennlinienfeld eines Verbrennungsmotors, Fig. 3 eine Leistungs/Fahrpedalstellungs-Kennlinie, und

Fig. 4 eine Leistungs/Geschwindigkeits-Kennlinie mit der Geschwindigkeit  $\alpha$  des Fahrpedals als Parameter.

Fig. 1 zeigt schematisch wesentliche Antriebselemente eines Personenkraftwagens. Eine aus einem Verbrennungsmotor 4 und einem elektrischen Generator 6 bestehende Verbrennungsmotor-Generator-Einheit (im folgenden: VGE) 2 liefert über eine Leitung L1 elektrische Leistung an einen als Leistungselektronik ausgebildeten Energieverteiler S, der über Leitungen L2 und L3 zwei Elektromotoren 12 und 16 speist, die direkt an die Hinterräder 14 und 18 gekoppelt sind. Dadurch werden die Hinterräder 14 und 18 abhängig von dem vom Energieverteiler S an die Elektromotoren 12 und 16 gelieferten Strom angetrieben.

Das Fahrzeug 10 kann auch mit einem Allradantrieb ausgestattet sein, wie links unten in Fig. 1 durch gestrichelte Leitungen angedeutet ist, die zu weiteren Elektromotoren führen, die mit den übrigen Rädern des Fahrzeugs gekoppelt sind.

Der den Elektromotoren 12 und 16 über den Energieverteiler 8 zugeführte Strom wird gesteuert von einer Steuereinheit 20, die einen Mikroprozessor und Speichereinrichtungen umfaßt. In der Speichereinrichtung sind Steuerprogramme, Kennlinien und dergleichen ge-



speichert.

Neben der VGE 2 ist als weitere Energiequelle ein hier als Akkumulator 22 ausgebildeter Energiespeicher 23 vorgesehen, der über Leitungen L4 und L5 mit dem Energieverteiler 8 gekoppelt ist. Über die Leitungen L4 und L5 wird elektrische Energie in den Akkumulator 22 eingespeichert bzw. elektrische Energie von dem Akkumulator 22 an den Energieverteiler 8 gegeben.

Dem Akkumulator 22 ist ein Sensor 24 zugeordnet, der ein für den Ladezustand des Akkumulators 22 repräsentatives Signal an die Steuereinheit 20 gibt. Die Steuereinheit 20 empfängt außerdem Drehzahl-Signale  $n$  von den beiden Elektromotoren 12 und 16, ferner ein Drehzahl-Signal  $n$  und ein Drehmoment-Signal  $M$  von der VGE 2; weiterhin Fahrsignale von einem Fahrpedal 27.

Das Fahrpedal 27 ist mit einer Sensoranordnung 30 ausgestattet, die an die Steuereinheit 20 ein für die Winkelstellung  $\alpha$  des Fahrpedals 27 repräsentatives Stellungssignal  $\alpha$ , ein Geschwindigkeitssignal  $\alpha$ , und ein Beschleunigungssignal  $\ddot{\alpha}$  an die Steuereinheit 20 gibt. Die Signale  $\alpha$ ,  $\dot{\alpha}$  und  $\ddot{\alpha}$  sind jeweils repräsentativ für die jeweilige Stellung des Fahrpedals 27, für dessen Betätigungsgeschwindigkeit bzw. für dessen Beschleunigung.

Außerdem ist mit dem Fahrpedal 27 ein Sensor 28 gekoppelt, der an die Steuereinheit 20 ein "Kickdown"-Signal  $kd$  liefert. Weiterhin kann der Fahrer über einen Wählschalter 26 ein Signal  $w$  an die Steuereinheit 20 geben, wodurch der Steuereinheit 20 der Fahrerwunsch signalisiert wird, daß das Einspeisen des Stroms in die Elektromotoren 12 und 16 ausschließlich vom Akkumulator erfolgen soll (Stadtfahrt).

Aus den in die Steuereinheit 20 eingegebenen Signalen berechnet die Steuereinheit 20 Steuersignale für die VGE 2 (insbesondere den Verbrennungsmotor) einerseits und den Energieverteiler 8 andererseits. Wenn der Fahrer das Fahrpedal 27 mit einer bestimmten Geschwindigkeit  $\alpha$  aus einer ersten Stellung in eine zweite Stellung herabdrückt, wird dies von der Steuereinheit 20 als Anforderung einer höheren Dauerleistung seitens der VGE 2 interpretiert, so daß die Steuereinheit 20 an die VGE 2 Steuersignale liefert, um den Verbrennungsmotor in einen Betriebspunkt hochzufahren, welcher der angeforderten Dauerleistung entspricht.

Das Verhältnis zwischen Fahrpedalstellung und angeforderter Leistung ist nicht-linear, wie es z. B. in Fig. 3 dargestellt ist. Bei kleinen Fahrpedalwegen  $\alpha$  ändert sich die angeforderte Leistung nur geringfügig. Dies ermöglicht eine leichte Dosierung der Leistungsanforderung bei niedrigen Geschwindigkeiten.

Das oben erwähnte Herabdrücken des Fahrpedals 27 um einen bestimmten Betrag in eine neue Fahrpedalstellung  $\alpha$  mit einer bestimmten Betätigungsgeschwindigkeit  $\dot{\alpha}$  bestimmt die Art der Fahrzeugbeschleunigung, wie in Fig. 4 im Prinzip dargestellt ist. Der angeforderten erhöhten Leistung entspricht eine erhöhte neue konstante Geschwindigkeit  $v_e$  des Fahrzeugs. Um diese Geschwindigkeit ausgehend von der früheren konstanten Geschwindigkeit  $v_a$  zu erreichen, wobei dann der Verbrennungsmotor nach Erreichen der Geschwindigkeit  $v_e$  die gesamte Leistung liefert, wird zunächst sofort seitens des Energiespeichers 22 eine zusätzliche Leistung bereitgestellt, die mindestens so groß ist wie die frühere Leistung des Verbrennungsmotors ( $P_a$ ). Dann wird die Drehzahl des Verbrennungsmotors hochgefahren bis zu einem Wert, der der angestrebten Leistung  $P_e$  entspricht. Das Beschleunigen des Fahrzeugs mit Hilfe der gespeicherten Energie erfolgt nach

Maßgabe der Betätigungsgeschwindigkeit  $\dot{\alpha}$  des Fahrpedals 27, wie in Fig. 4 skizziert ist. Je schneller das Fahrpedal 27 betätigt wurde, umso mehr Energie wird zur Fahrzeugbeschleunigung bereitgestellt.

Bei dem hier bevorzugten Ausführungsbeispiel erfolgt während des Hochfahrens des Verbrennungsmotors auf einen neuen Betriebspunkt eine Entkopplung zwischen dem Generator 6 und den Antriebs-Elektromotoren 12 und 16.

Fig. 2 zeigt ein Kennliniendiagramm eines 100-kW-Verbrennungsmotors. Über der Drehzahl ist das Drehmoment aufgetragen; es ergibt sich eine gestrichelte Linie  $b_v$  für den günstigsten spezifischen Kraftstoffverbrauch in Abhängigkeit der Drehzahl. Bei der Drehzahl von  $n = 2200$  etwa ergibt sich ein Punkt  $b_{min}$ , mit dem günstigsten Kraftstoffverbrauch überhaupt. Bei niedrigeren Drehzahlen ist der Kraftstoffverbrauch zwar geringer, aber dafür ist das Drehmoment unverhältnismäßig kleiner. Bei höheren Drehzahlen ergibt sich ein erhöhter Kraftstoffverbrauch bei nur unterproportionaler Drehmomentzunahme.

Gemäß dem obigen Beispiel sei angenommen, daß bei einer Fahrzeuggeschwindigkeit  $v_a$  während die Leistung vollständig vom Verbrennungsmotor 4. gebracht wird, der Verbrennungsmotor 4 bei einer Drehzahl von 3000 UpM arbeitet, was in Fig. 2 dem Betriebspunkt A\* entspricht. Drückt der Fahrer das Fahrpedal 27 weiter durch, was einer angeforderten Dauerleistung von  $P_e$  entspricht, so muß der Verbrennungsmotor 4 bis zu einem neuen Betriebspunkt B\* hochgefahren werden.

Dieses Hochfahren des Verbrennungsmotors 4 geschieht vorzugsweise bei entlastetem Generator 6. Hierzu wird der Energieverteiler 8 derart angesteuert, daß die zum Vorwärtsbewegen des Fahrzeugs gespeisten Elektromotoren 12 und 8 nicht mehr vollständig vom Generator 6, sondern ganz oder teilweise aus dem Energiespeicher 2 gespeist werden. In diesem Zustand wird der Verbrennungsmotor 4 entlang der Linie  $b_v$  bis zum neuen Betriebspunkt B\* hochgefahren. Dann erfolgt wieder eine allmähliche Anschaltung des Generators 6 an die Elektromotoren 12 und 16. Diese Koppelvorgänge werden von der Steuereinheit 20 so gesteuert, daß sie allmählich vonstatten gehen und so der Antrieb ruckfrei fortgesetzt wird.

Bei dem oben anhand der Fig. 2 erläuterten Beispiel erfolgt der Einsatz des Energiespeichers 22 zur Beschleunigung des Fahrzeugs unter Berücksichtigung eines günstigen Kraftstoffverbrauchs. Alternativ oder zusätzlich können auch andere Parameter berücksichtigt werden, so z. B. die Schadstoffemission, die Geräuschentwicklung, die Aggregatbeanspruchung und dergleichen.

Wenn das Fahrzeug mit einer gewissen konstanten Geschwindigkeit fährt und der Fahrer eine maximale Beschleunigung wünscht, tritt er das Fahrpedal 27 vollständig durch. Hierdurch erzeugt der Sensor 28 das "Kickdown"-Signal  $kd$ . Demzufolge wird den Elektromotoren 12 und 16 die maximal verfügbare Leistung zugeführt. Zum einen wird der Verbrennungsmotor 4 bis zu seiner Höchstleistung hochgefahren, zum anderen wird dem Energiespeicher 22 eine gewisse Maximalleistung entnommen. Hierbei kann man — wie oben beschrieben — zunächst dem Energiespeicher 22 eine sehr hohe Leistung entnehmen, die höher ist als die Maximalleistung des Verbrennungsmotors 4. Wenn der Verbrennungsmotor 4 dann in einem Bereich höchster Leistung arbeitet, kann der Anteil der dem Energiespei-

cher 22 entnommenen Leistung abgesenkt werden, so daß aber immer noch den Elektromotoren 12 und 16 eine Leistung zugeführt wird, die größer ist als die von dem Verbrennungsmotor 4 erbrachte maximale Leistung.

Der oben erläuterte Vorgang dient zur extrem starken Beschleunigung des Fahrzeugs (Kickdown). Fährt das Fahrzeug bereits mit einer Höchstgeschwindigkeit, welche der Maximalleistung des Verbrennungsmotors 4 entspricht, so kann auch dann noch durch einen "Kickdown" zusätzlicher Schub erreicht werden, indem die Steuereinheit 20 Energie aus dem Energiespeicher 22 entnimmt und den Elektromotoren 12 und 16 zuführt. Hierdurch erhöht sich die Nenn-Höchstgeschwindigkeit noch um einen gewissen Betrag.

In der Zeichnung nicht im einzelnen dargestellt sind Mittel, mit denen dem Fahrer der Ladezustand des Akkumulators 22 signalisiert wird. Dieses Signalisieren des Ladezustands erfolgt nicht in der Mitteilung von Zahlenwerten, sondern in Form akustischer, optischer oder taktiler Signale. Zu bevorzugen ist eine mit dem Fahrpedal 27 gekoppelte Dämpfungseinrichtung, z. B. eine verstellbare Vorspannfeder, die, wenn ein bestimmter unterer Schwellenwert des Ladezustands des Energiespeichers 22 unterschritten wird, den Betätigungswiderstand des Fahrpedals 27 spürbar erhöht. Hierdurch wird dem Fahrer signalisiert, daß der Energiespeicher 22 momentan nur wenig Energie speichert, so daß keine erhöhten Beschleunigungen erreicht werden können.

Im Stadtverkehr kann der Fahrer durch Betätigen des Schalters 26 ein Signal  $w$  erzeugen, welches der Steuereinheit 20 signalisiert, daß der Verbrennungsmotor 4 abgeschaltet wird. Dies erfolgt unter der Voraussetzung, daß genug Energie im Akkumulator 22 gespeichert ist. Dieser Betriebszustand ist für einen Stop-and-Go-Verkehr geeignet.

Alternativ zu dem Wählschalter 26 kann die Steuereinheit 20 das Umschalten auf "Stadtfahrt" auch automatisch vornehmen. Hierzu zählt die Steuereinheit 20 in einem Zeitfenster die Häufigkeit von Beschleunigungs- und Bremsvorgängen (anhand der von den Elektromotoren 12 und 16 gelieferten Drehzahlsignale  $n$ ). Übersteigt die mittlere Häufigkeit der Brems- und Beschleunigungsvorgänge einen Schwellenwert, so schaltet die Steuereinheit 20 automatisch auf einen Betrieb um, bei dem der Verbrennungsmotor 4 nur eingeschaltet wird, um den Akkumulator 22 wieder aufzuladen. Der Antrieb erfolgt im Prinzip ausschließlich mit Leistung aus dem Akkumulator 22. Dieser wird nicht nur durch den Verbrennungsmotor aufgeladen, sondern auch durch Strom, der beim Bremsen oder bei schiebendem Betrieb des Fahrzeugs von den dann generatorisch arbeitenden Elektromotoren 12 und 16 erzeugt wird.

Das Beschleunigungssignal  $\alpha$ , welches die Beschleunigung des Fahrpedals 27 angibt, kann von der Steuereinheit 20 ebenfalls ausgewertet werden zur Unterscheidung der Art und Weise, in der der Fahrer eine Änderung der Fahrzeuggeschwindigkeit vorzunehmen wünscht. Ebenso wie das Geschwindigkeitssignal  $\alpha$  kann auch das Beschleunigungssignal  $\alpha$  Differentiation anhand des von der Steuereinheit 20 zeitlich erfaßten Signals der Fahrpedalstellung  $\alpha$  errechnet werden, wenn hierzu keine speziellen Sensoren vorgesehen sind.

#### Patentansprüche

1. Nicht-spurgebundenes Fahrzeug, bei dem mindestens ein Rad (14, 18) für den Antrieb mit einem

Elektromotor (12, 16) gekoppelt ist, welcher über einen Energieverteiler (8) nach Maßgabe von seitens einer Steuereinheit (20) erzeugten Steuersignalen mit Strom gespeist wird, der von einem an einen Verbrennungsmotor (4) gekoppelten Generator (6) geliefert wird, wobei die Steuereinheit (20) von einem Fahrhebel (27) ein Fahrsignal ( $\alpha$ ,  $\alpha$  ...) erhält, welches mindestens repräsentativ für die Fahrhebel-Stellung ist, dadurch gekennzeichnet, daß ein Energiespeicher (22) vorgesehen ist, der über den Energieverteiler (8) elektrisch mit dem Elektromotor (12, 16) und mit dem Generator (6) verbunden ist, daß die Steuereinheit (20) das Fahrsignal ( $\alpha$ ,  $\alpha$ ,  $\alpha$ ) zu einem Steuersignal für den Verbrennungsmotor (4) verarbeitet, um den Verbrennungsmotor auf die der Fahrhebel-Stellung entsprechende Leistung zu bringen oder auf dieser Leistung zu halten, und daß die Steuereinheit (20) ferner ein Steuersignal für die Entnahme von Energie aus dem Energiespeicher (22) erzeugt, um zumindest

- a) den Verbrennungsmotor (4) optimal in einen neuen Betriebspunkt ( $B^*$ ) beschleunigen zu lassen; und/oder
- b) das Fahrzeug maximal zu beschleunigen und/oder
- c) die Höchstgeschwindigkeit des Fahrzeugs bei voller Verbrennungsmotor-Leistung noch zu erhöhen.

2. Fahrzeug nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuereinheit (20) unabhängig vom Fahrsignal ( $\alpha$ ,  $\alpha$  ...) Energie aus dem Energiespeicher (22) in den Elektromotor (12, 16) einspeist, um

- d) zur etwa geschwindigkeitskonstanten Überwindung von Steigungen bei unveränderter Verbrennungsmotor-Drehzahl Zusatzenergie zur Verfügung zu stellen; und/oder
- e) in stationären Betriebszuständen einen Teil der Verbrennungsmotor-Leistung durch Speicherenergieentnahme zu ersetzen; und/oder
- f) einen Fahrbetrieb bei abgeschaltetem Verbrennungsmotor (4) zu ermöglichen.

3. Fahrzeug nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das optimale Beschleunigen des Verbrennungsmotors (4) in einen neuen Betriebspunkt unter Berücksichtigung mindestens einer der Vorgaben erfolgt, nämlich

- möglichst schnell,
- bei günstigstem spezifischen Kraftstoffverbrauch,
- bei möglichst geringer Schadstoffemission,
- möglichst geräuscharm.

4. Fahrzeug nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere der Vorgaben gleichzeitig und gewichtet berücksichtigt werden.

5. Fahrzeug nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß zur optimalen Beschleunigung des Verbrennungsmotors der Generator elektrisch ganz oder teilweise von dem Elektromotor (12, 16) entkoppelt wird und der Verbrennungsmotor (4) bei Erreichen des neuen Betriebspunkts ( $B^*$ ) zusammen mit dem Generator (6) allmählich wieder an den Elektromotor (12, 16) gekoppelt wird, und daß während der Entkopplungsphase Energie derart aus dem Energiespeicher (22) in den Elektromotor (12, 16) eingespeist wird, daß die Übergänge beim Koppeln ruckfrei erfolgen.

6. Fahrzeug nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß das Fahrsignal ferner repräsentativ ist für mindestens eine der Informationen

- Geschwindigkeit ( $\alpha$ , mit der der Fahrhebel (27) bewegt wird, 5
- Beschleunigung ( $\ddot{\alpha}$ ), mit der der Fahrhebel (27) bewegt wird,
- Anforderung eines Fahrbetriebs mit ausschließlicher Speisung aus dem Energiespeicher (22), wobei letzterer intermittierend durch Anschalten des Verbrennungsmotors und gegebenenfalls zusätzlich durch beim Verzögern oder Bremsen des Fahrzeugs von dem dann generatorisch arbeitenden Elektromotor (12, 16) erzeugte elektrische Leistung aufgeladen wird, 10
- Maximalbeschleunigungs-Anforderung (Kickdown) 15

von der Steuereinheit (20) aus dem Fahrhebel-Stellungssignal ermittelt werden. 20

7. Fahrzeug nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß zur Erzielung einer maximalen Fahrzeugbeschleunigung Leistung aus dem Energiespeicher (22) parallel zu vom Verbrennungsmotor/Generator (2) gelieferter Leistung in einem solchen Maß in den Elektromotor (12, 16) eingespeist wird, daß die Speicherenergie ausreicht, um die durch eine neue Fahrhebel-Stellung ( $\alpha$ ) gewählte Dauerleistung zu erreichen. 25

8. Fahrzeug nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß im letzten Bereich des Fahrhebelweges dem Energiespeicher (22) zeitlich begrenzt Energie zur Erhöhung der durch den Verbrennungsmotor (4) erreichbaren Höchstgeschwindigkeit entnommen wird. 30

9. Fahrzeug nach einem der Ansprüche 1 bis 8, gekennzeichnet durch eine Signalisiereinrichtung für den Ladezustand des Energiespeichers (22). 35

10. Fahrzeug nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Signalisiereinrichtung taktil arbeitet, insbesondere als Widerstand im Fahrhebel (27) ausgebildet ist. 40

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen 45

50

55

60

65

